



Odlingsförsök med tallplantor i substratblandningar innehållande granfiber, gransågspån och torv

*Cultivation trial with Scots pine seedlings in growing media
mixes containing spruce fiber, spruce sawdust and peat*

JIM ROSBERG

SVANTE VON DOLWITZ



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2026:11

SLU-Skogsmästarskolan

Herrgårdsvägen 8

739 31 SKINNSKATTEBERG

www.slu.se/skogsmastarskolan

Odlingsförsök med tallplantor i substratsblandningar innehållande granfiber, gransågspån och torv.

Cultivation trial with Scots pine seedlings in growing media mixes containing spruce fiber, spruce sawdust and peat.

Jim Rosberg

Svante von Dolwitz

Handledare: Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Elisabeth Wallin, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2026

Omslagsbild: Odlingsförsöken. Foto: Svante von Dolwitz

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2026:11

Nyckelord: *Pinus sylvestris*, rot/skottkvot, höjdtillväxt



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Torv har under lång tid varit det dominerande odlingssubstratet vid produktion av skogsplanter i Norden. Detta beror på dess gynnsamma fysikaliska och kemiska egenskaper, såsom hög vattenhållande förmåga, god luftporositet och förmågan att utgöra en relativt stabil odlingsmiljö. Trots substratets fördelar har torvanvändningen i ökande grad ifrågasatts ur ett hållbarhetsperspektiv. Med tanke på de miljö- och klimatrelaterade problem som torvutvinning innebär har både politiska styrmedel och branschinitiativ börjat rikta fokus mot att minska användningen av torv inom hortikulturell produktion och plantskoleverksamhet. Ett alternativ som fått ökad uppmärksamhet är olika träfiberbaserade odlingssubstrat. Dessa framställs ofta från restprodukter inom skogsindustrin och kan därmed bidra till en mer cirkulär användning av biomassa.

Syftet med detta arbete var att undersöka effekterna på odlingsresultaten vid användning av granfiber anpassad för odling samt konventionell gransågspån som odlingssubstrat för tallplanter. Försöket omfattade uppdragning av tallplanter (*Pinus sylvestris*) i åtta olika blandningar av konventionell odlingsstorv, granfiber och gransågspån. Odlingsförsöket pågick i totalt tio veckor och under denna period följdes groningen, överlevnad och tillväxt. I slutet av försöket bestämdes även via destruktiv sampling rot- och skottvikter.

Tallplanter odlade i ren torv uppnådde högst genomsnittlig höjd och diameter. Generellt visade planter som odlats i blandningar mellan torv övriga substrat sämre resultat. Lägst tillväxt hade de planter som odlats i ren granfiber, granspån samt i blandningen mellan de två. Rot/skottkvoten var med ett fåtal undantag något högre för substraten innehållande granfiber och spån men varierade runt 30 procent med som lägst 25 procent och som högst 34 procent beroende på blandning.

Träbaserade material bedöms i studien ha potential att delvis ersätta torv vid odling av tallplanter, men fortsatt forskning krävs när det gäller lämplig substratblandning, bevattning och gödsling.

Nyckelord: *Pinus sylvestris*, rot/skottkvot, höjdtillväxt

Abstract

Peat has been the dominating growing media for production of forest tree seedlings in the Nordic countries. This is because of its favorable physical and chemical properties. Despite its advantages, peat usage has increasingly been questioned from a sustainability perspective. Regarding the environmental and climate related problems with peat extraction, political and market initiatives have focused on a decreased usage of peat in forest tree nursery operations. An alternative that has garnered increased interest is wood fiber-based substrates. These substrates are often produced from residual products from the forest industry and can therefore contribute to a more circular usage of biomass.

The purpose of this work was to study the suitability of spruce fiber and spruce sawdust as growing media for cultivation of seedlings. The experiment covered production of Scots pine seedlings (*Pinus sylvestris*) in different types of growing media. Eight different substrates based on conventional peat, spruce fiber adapted for cultivation, conventional spruce sawdust or different mixtures of these materials were tested. During the ten-week cultivation trial, germination, mortality and growth were registered. The final measurements included destructive sampling of root and shoot dry weights.

Pine seedlings cultivated in conventional peat performed best in terms of height and diameter growth. Seedlings cultivated in mixes between peat and the other two materials displayed somewhat lower growth performance. Seedlings cultivated in pure spruce fiber, sawdust or in a mixture of those two materials generally performed the least in terms of growth. Root/shoot ratios were, with a few exceptions, slightly larger for substrates containing mixtures of wood fiber and sawdust but varied around 30 percent with the lowest value at 25 percent, and the highest value at 34 percent depending on the mixture.

Wood-based materials have the potential to partially replace peat for cultivation of pine seedlings. However, more studies regarding suitable substrate mixes and possible adaptations of watering and fertilization regimes are required.

Keywords: *Pinus sylvestris*, root/shoot ratio, height growth

Förord

Vi vill för det första tacka vår handledare Daniel Gräns vars vägledning och engagemang har varit ovärderligt under arbetets gång.

Vi vill även tacka Scanpeat AB för torven och Älgsjö såg AB för sågspånen som användes i studien.

Till sist vill vi även tacka vår kurskamrat Henrik Bengtsson som ställde upp och hjälpte oss med bevattningen av odlingsförsöket när vi inte kunde göra det.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 TORV SOM ODLINGSSUBSTRAT	1
1.2 TORVENS PROBLEMATIK	1
1.3 ALTERNATIVA ODLINGSSUBSTRAT	1
1.4 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING	2
2. MATERIAL OCH METODER	3
2.1 BLANDNING AV ODLINGSSUBSTRAT	3
2.2 SÅDD OCH ODLINGSFÖRHÅLLANDEN	4
2.3 BEVATTNING OCH GÖDSLING	6
2.4 MÄTNINGAR	7
2.5 ROT/SKOTT – KVOT	7
2.6 STATISTISKA ANALYSER	8
3. RESULTAT	9
3.1 GRONINGSPROCENT	9
3.2 MORTALITET	9
3.3 HÖJD TILLVÄXT	11
3.4 STAMBASDIAMETER	12
3.5 ROT/SKOTT-KVOT	13
4. DISKUSSION	15
4.1 GRONINGSPROCENT	15
4.2 MORTALITET	15
4.3 HÖJD OCH STAMBASDIAMETER	15
4.4 ROT/SKOTT-KVOT	17
4.5 FELKÄLLOR	17
4.6 SLUTSATS	18
REFERENSER	19
BILAGA 1	21
BILAGA 2	22
BILAGA 3	23
BILAGA 4	24
BILAGA 5	25
BILAGA 6	26
BILAGA 7	27
BILAGA 8	28

1. Inledning

1.1 Torv som odlingssubstrat

Torv har under lång tid varit det dominerande odlingssubstratet vid produktion av skogsplantor i Norden (Johansson 2008). Detta beror på dess gynnsamma fysikaliska och kemiska egenskaper, såsom hög vattenhållande förmåga, god luftporositet och en relativt stabil kemisk miljö. Dessa egenskaper skapar goda förutsättningar för uppdragning av skogsplantor, exempelvis barrträd som tall (*Pinus sylvestris*) (Heiskanen et al. 2024).

1.2 Torvens problematik

Trots substratets fördelar har torvanvändningen i ökande grad ifrågasatts ur ett hållbarhetsperspektiv (Mariotti et al. 2023). Torvmarker utgör betydande långsiktiga kolförråd och fungerar som viktiga kolsänkor (Naturvårdsverket u.å.). Vid torvbrytning och dränering av torvmarker frigörs lagrat kol till atmosfären i form av koldioxid, vilket bidrar till ökade utsläpp av växthusgaser (Alexandrov et al. 2020). Utöver klimatpåverkan innebär torvutvinning även omfattande ingrepp i känsliga ekosystem, vilket kan leda till förlust av biologisk mångfald samt förändringar i hydrologiska förhållanden. Eftersom torv bildas långsamt betraktas den ofta i praktiken icke-förnybar resurs i ett mänskligt tidsperspektiv (Heiskanen et al. 2024; Naturvårdsverket. u.å.).

1.3 Alternativa odlingssubstrat

Med tanke på de miljö- och klimatrelaterade problem som torvutvinning innebär har både politiska styrmedel och branschinitiativ börjat rikta fokus mot att minska användningen av torv inom hortikulturell produktion och plantskoleverksamhet (Hirschler & Osterburg 2022). Detta har lett till ett ökat behov av att utveckla och utvärdera alternativa odlingssubstrat som kan ersätta torv, helt eller delvis, utan att varken försämra kvalitet eller produktionsförmåga (Heiskanen et al. 2024). Samtidigt ställer skogsplantsproduktion särskilda krav på substratet då produktionen sker i stor skala, ofta i små containerenheter, där variationer i vatten och näringstillgång snabbt kan påverka plantornas utveckling.

Ett alternativ som fått ökad uppmärksamhet är träfiberbaserade odlingssubstrat. Dessa framställs ofta från restprodukter inom skogsindustrin och kan därmed bidra till en mer cirkulär användning av biomassa. Träfiberbaserade material uppvisar generellt hög porositet och god syretillgång i rotzonen, vilket kan vara gynnsamt för rotutveckling och syreförsörjning till plantans rötter (Woznicki et al. 2023). Samtidigt skiljer sig dessa substrat från torv genom sina fysikaliska och kemiska egenskaper, vilket innebär att odlingsstrategier, såsom bevattning och gödsling, behöver anpassas.

Ett specifikt träfiberbaserat odlingssubstrat framställs av granfiber från skogsindustrin. Materialet produceras genom en process där träfiberråvara behandlas med varmt vatten och ånga, vilket leder till en separation av fibrer och

lignin, en process som kallas för defibrering. Resultatet är ett fiberrikt substrat med egenskaper som i viss utsträckning efterliknar torvens struktur och funktion (Fibergrow u.å.). Granfiberbaserade odlingssubstrat representerar därmed ett potentiellt alternativ till torv.

Tidigare studier har visat att träfiberbaserade substrat i vissa fall kan ge en tillväxt som är jämförbar med torv, förutsatt att odlingsförhållanden såsom bevattning och näringstillförsel anpassas till materialets egenskaper (Woznicki et al. 2023).

Samtidigt visar forskning att träfiber ofta kännetecknas av en hög kol–kväveknot (C/N-kvot), vilket kan leda till kväveimmobilisering. Detta innebär att kväve binds i mikroorganismernas biomassa och därmed blir mindre tillgängligt för plantorna, vilket kan påverka tillväxten negativt och kräva justeringar i gödslingsstrategin (Heiskanen et al. 2024; Woznicki et al. 2023).

Trots lovande resultat från tidigare studier finns det fortfarande begränsad kunskap om hur träfiberbaserade substrat fungerar vid produktion av skogsplanter, särskilt under nordiska plantskoleförhållanden. Det finns därför ett behov av experimentella studier som systematiskt jämför torv med olika träfiberbaserade substrat och utvärderar effekter på exempelvis gröningsresultat, tillväxt och plantkvalitet (Heiskanen et al. 2024).

Tidigare studier har visat att blandningar av torv och träbaserade material, såsom gransågspån, kan ge lovande resultat vid uppdragning av både barr- och lövträdplanter (Mattsson 1996; Bodell & Vestlund 2023). Även kombinationer av träfiberbaserade substrat och andra organiska material har visat potential i odlingsförsök (Gustavsson Ruus et al. 2025). Dessa resultat indikerar att träbaserade substrat kan utgöra ett relevant alternativ till torv, men att deras funktion i praktisk plantskoleproduktion behöver undersökas vidare.

Sammantaget finns det ett tydligt behov av att vidare utvärdera hur granfiberbaserade odlingssubstrat och gransågspån fungerar i jämförelse med traditionell torv vid odling av tallplanter. Några exempel på frågor som måste utredas är hur olika inblandningsgrader påverkar plantors groning, tillväxt och kvalitet. Dessa studier är viktiga för att möjliggöra en mer hållbar skogsplantodling.

1.4 Syfte och frågeställning

Syftet med detta arbete var att undersöka effekterna vid användning av gransågspån och ett granfiberbaserat odlingssubstrat som odlingsmedium vid uppdragning av tallplanter.

Frågeställningen löd: Hur utvecklas tallplanter vid odling i granfiberbaserade odlingssubstrat och konventionell gransågspån samt i blandningar med torv och hur jämför sig detta med odling i enbart konventionell torv?

2. Material och metoder

Tallplantor (*Pinus sylvestris*) testodlades under åtta veckor i åtta olika substratblandningar motsvarande försöksled (F-led 1 – F-led 8). Dessa bestod av olika blandningar av konventionell odlingstorv för skogsplantor, träfiber för odling och konventionellt gransågspån (Tabell 1). Varje försöksled bestod av fyra odlingskassetter med 25 plantor per kassett. Detta resulterade i 100 plantor per försöksled, med undantag för F-led 5 som endast omfattade två kassetter. F-led 1 bestod enbart av konventionell odlingstorv och användes som kontroll. F2 bestod av 1/3 träfiber och 2/3 torv, medan F-led 3 bestod av 2/3 träfiber och 1/3 torv. F-led 4 utgjordes av 100 procent träfiber. F-led 5 bestod av 1/3 gransågspån och 2/3 torv, medan F-led 6 bestod av 2/3 gransågspån och 1/3 torv. F-led 7 bestod av 100 procent gransågspån. Slutligen bestod F-led 8 av en blandning av 50 procent träfiber och 50 procent gransågspån.

Odlingen av tallplantorna pågick från kalendervecka 8 till och med vecka 17 år 2026, alltså totalt 10 veckor.

Tabell 1. Försöksled (substratblandningar) som testades i odlingsförsöket med tall. Totalt såddes 100 plantor per försöksled fördelat i fyra upprepningar.

Försöksled	Odlingssubstrat
F-led 1	Kontroll, torv
F-led 2	Granfiber 1/3, torv ,2/3
F-led 3	Granfiber 2/3, torv 1/3
F-led 4	Granfiber 100 %
F-led 5	Granspån 1/3, torv 2/3
F-led 6	Granspån 2/3, torv 1/3
F-led 7	Granspån 100 %
F-led 8	Granfiber 50 %, Granspån 50 %

2.1 Blandning av odlingssubstrat

För att säkerställa god homogenitet i substraten användes en betongblandare för att mixa odlingssubstraten. Samtliga substrat blandades i totalt fem minuter vardera, med undantag för ren träfiber (Figur 1), då materialet redan bedömdes vara homogent. Efter blandningen av varje försöksled rengjordes blandaren noggrant för att undvika kontaminering mellan försöksleden.

Torven kalkades med kalciumhydroxid för att höja torvens pH-värde. Kalkningen utfördes med en dosering på 1,5 gram kalciumhydroxid per liter torv enligt rekommendation från torvleverantören.

Det träfiberbaserade odlingssubstratet bestod av granfiber framställt från restprodukter från skogsindustrin. Gransågspånet som användes i försöket bestod av en blandning av två olika typer av färskt sågspån från ett sågverk. Den ena spåntypen innehöll en högre andel splintved, medan den andra innehöll en högre andel kärnved. Dessa blandades i förhållandet 50/50 i blandaren för att minska

påverkan av variationer i vedstruktur och kemiska egenskaper mellan splintved och kärnved samt för att erhålla ett mer representativt sågspånsmaterial.



Figur 1. Granfibersubstratet som i framställningsprocessen anpassats för plantodling.

2.2 Sådd och odlingsförhållanden

Odlingen genomfördes i odlingskassetter av typ Plantek 121F med 50 ml behållarvolym. Dessa hade 25 odlingsceller per kassett. Innan fyllning och sådd uppvattnades odlingssubstraten för att förbättra förutsättningarna för grodd och etablering. Kassetterna fylldes därefter med respektive substrat och packades till en jämn och lämplig densitet för att minska risken för att substratet skulle sjunka ihop vid fortsatt bevattning.

Efter fyllning användes baksidan av en penna för att skapa cirka 1 cm djupa hål i substratet, där fröna placerades. Tallfröna var av lämplig proveniens med beteckningen (FP610 Hade, Kläng nr 04N008). De hade skördats av Bergvik Skog och lagrats i en fröfrys sedan 2014-04-23. Ett frö placerades i varje cell. Direkt efter sådd spraybevattades kassetterna. Under processen såddes inga frön i två kassetter i försöksled fem, detta på grund av den mänskliga faktorn.

Efter sådd förvarades odlingskassetterna (Figur 2) inomhus vid en temperatur på cirka 20°C. Under denna period bevattnades kassetterna efter behov för att upprätthålla en jämn och hög fuktighet i substraten under groningen. Groning kunde observeras efter 9 dagar.



Figur 2. Försöket vid såddtillfället, innehållande försöksled 1-8.



Figur 3. Försöket under testodling med artificiell belysning.

När fröna hade grott placerades odlingskassetterna under artificiell odlingsbelysning bestående av LED-armaturer (Valloya) (Figur 3). För att minska effekten av eventuella skillnader i ljusintensitet roterades kassetterna veckovis, vilket säkerställde en jämn exponering över tid för samtliga plantor, se Bilaga 8.



Figur 4. Försöket i växthuset vid slutet av odlingsperioden.

Under vecka 15, 51 dagar efter sådd, flyttades plantorna till ett växthus (Figur 4) då klimatförhållandena där bedömdes vara tillräckligt gynnsamma för fortsatt odling. I växthuset erhöll plantorna naturlig ljustillgång och kassetterna roterades inte längre. Växthuset var utrustat med tilläggsbelysning för att åstadkomma kortare nätter. Plantorna odlades därefter i växthuset fram till försöksperiodens slut dag 65 efter sådd.

2.3 Bevattning och gödsling

Plantorna bevattnades efter behov för att hålla odlingssubstraten kontinuerligt fuktiga samt för att säkerställa goda tillväxtförhållanden och undvika uttorkning. Bevattningen utfördes manuellt med vattenkanna. När försöket tagits ut till växthuset sköttes bevattning via automatiskt sprinklersystem dagligen.

Wallco Fert. 100-13-65 mg växnäring för skogsplantor blandades med vatten och applicerades manuellt med vattenkanna. För att minska risken för skador på plantorna bevattnades plantorna direkt efter gödsling, vilket förhindrade att gödselrester blev kvar på barren och orsakade brännskador.

Gödslingen påbörjades under odlingsvecka 3, motsvarande 12 dagar efter sådd. Inledningsvis användes halv dos bestående av 15 ml Wallco-koncentrat blandat med 2 liter vatten. Detta motsvarade 1,5 gram kväve per kvadratmeter odlingsyta. Den reducerade doseringen användes för att minska risken för övergödning under plantornas tidiga utvecklingsstadium. Denna gödslingsgiva applicerades två gånger per vecka.

Från odlingsvecka 6 övergick gödslingen till full dosering, vilket motsvarade 30 ml Wallco-koncentrat blandat med 2 liter vatten. Detta motsvarade 3 gram kväve per kvadratmeter odlingsyta. Vid denna dosering utfördes gödslingen en gång per vecka i stället för två gånger per vecka.

2.4 Mätningar

Mortaliteten registrerades en gång i veckan för alla plantor under hela försökets gång. Höjdmätningar startade 41 dagar efter sådd då plantorna började visa tydliga skillnader i höjd. Detta utfördes med en tumstock och höjden angavs i cm med en decimal. Plantorna mättes från kassetts kant till plantans toppskott. Plantornas höjd mättes en gång per vecka fram till försökets avslutande.

Stambasdiametern mättes i samband med att den sista höjdmätningen avslutades. Detta utfördes med digitalt skjutmått vid rothalsen. Enheten för denna mätning var millimeter med två decimaler. För dessa parametrar mättes två rader per kassett som var slumpmässigt utvalda från de mittersta raderna. Detta för att undvika raderna längst ut där kanteffekter kunde göra så att plantorna inte var representativa för försöket. Detta resulterade i data från 40 celler per försöksled. För försöksled 5 som bara hade två kassetter togs dubbla antalet mätningar per kassett så att det totalt blev 40 celler.

2.5 Rot/skott – kvot

Vid slutet av försöksperioden bestämdes rot/skott-kvoten för plantorna. För varje kassett valdes en rad med fem levande plantor ut från de plantor som tidigare använts vid mätning av höjd och diameter. Om någon planta var död eller fröet inte hade grott ersattes denna med en annan planta från samma kassett, så att det totala antalet analyserade plantor uppgick till 20 per försöksled. Undantaget var försöksled F-led 5, som endast bestod av två kassetter, där totalt 10 plantor per kassett analyserades.

För bestämning av rot/skott-kvoten avlägsnades substratet försiktigt från rötterna genom sköljning i vattenbad (figur 5). Därefter separerades rotsystemet från stammen, varefter rot- och skottdelar placerades i separata papperskuvert.

Kuverten placerades sedan i en torkugn vid cirka +105 °C under 24 timmar. Efter torkningen placerades kuverten i en exsickator för att svalna och förhindra återupptag av luftfuktighet. Rot- och skottdelarnas torrsvikt bestämdes därefter separat med hjälp av en analysvåg (Sartorius 2001 mp2) med en noggrannhet på 0,1 mg.

$$\text{Rot/skott} - \text{kvot} = \frac{\text{Rotens torra vikt (g)}}{\text{Skottets torra vikt (g)}}$$



Figur 5. Tallplanta där rötterna frilagts från odlingssubstratet inför torkning och vägning.

2.6 Statistiska analyser

Under försökets gång fördes mätdata löpande in i Microsoft Excel för statistisk bearbetning. För att undersöka skillnader mellan försöksleden analyserades mortalitet, groningsandel, höjdtillväxt, diameter samt rot/skott-kvot för tallplantorna. Medelvärden beräknades för höjd, diameter, rotvikt, skottvikt och totalvikt, medan mortalitet och groningsandel redovisades i procent för respektive försöksled.

För medelhöjdtillväxten genomfördes statistiska hypotesprövningar för att undersöka om det förelåg statistiskt säkerställda skillnader mellan kontrollgruppen och övriga försöksled (Figur 6). Kontrollgruppen utgjordes av försöksled F-led 1, som bestod av 100 procent torv. Vid analyserna användes ett tvåstickprovs Z-test för jämförelse mellan två medelvärden. Testet användes eftersom stickprovsstorleken i samtliga jämförelser översteg 30 observationer. Nollhypotesen (H_0) formulerades som att ingen skillnad i medelhöjdtillväxt förelåg mellan kontrollgruppen och respektive försöksled, medan mothypotesen (H_1) formulerades som att en skillnad förelåg. Hypotesprövningarna genomfördes med signifikansnivåerna 5 procent och 0,1 procent, motsvarande konfidensnivåer på 95 procent respektive 99,9 procent.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (6.2.3)$$

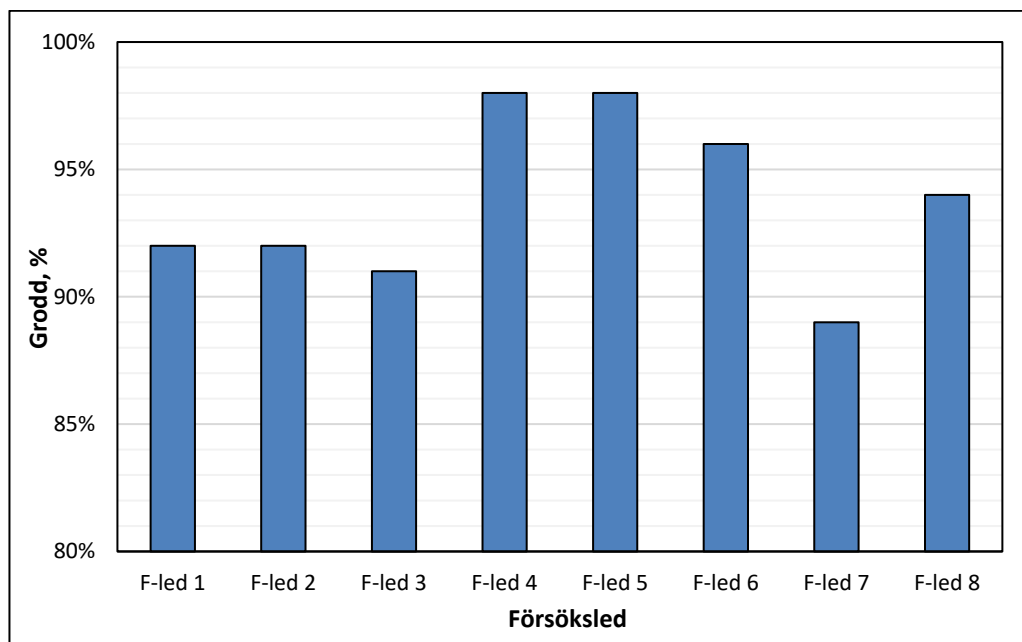
Används om både
 $n_1 \geq 30$ och $n_2 \geq 30$.

Figur 6. Formel 6.2.3 för hypotesprövning (Stenhag 2024).

3. Resultat

3.1 Groningsprocent

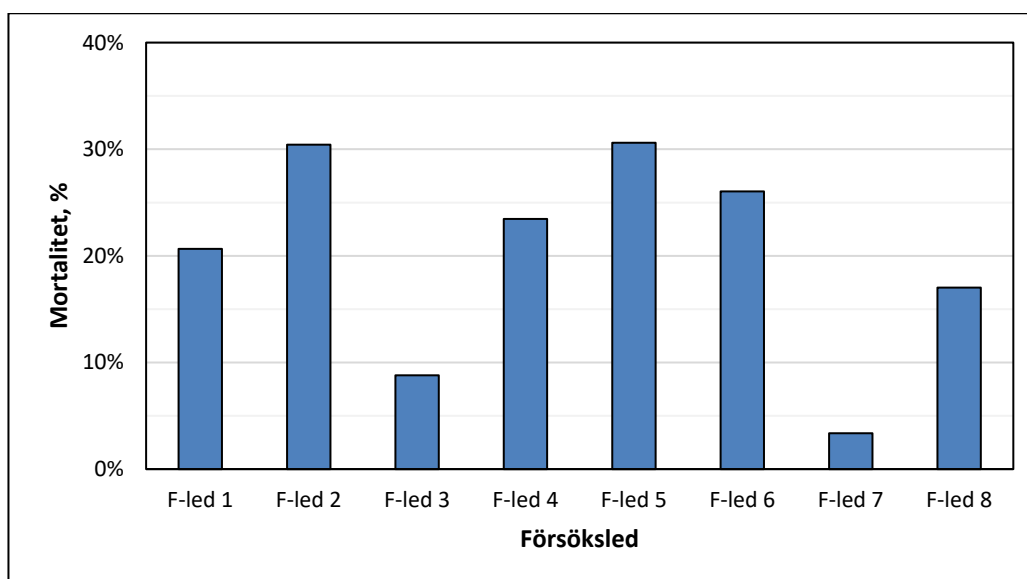
Groningsandelen varierade något mellan de olika försöksleden (Figur 7). Försöksled 4, som bestod av 100 procent träfiber, hade den högsta groningsandelen med 98 procent. Lägst groningsandel med 89 procent fanns i kassetterna med 100 procent granspån (F-led 7), vilket var de enda vars groningsprocent var under 90 procent. Försöksledet som bestod av 2/3 torv och 1/3 granspån (F-led 5) hade en groningsandel på 98 procent, till skillnad från de andra försöksleden, baserat på endast två upprepningar. Ett fåtal frön började gro flera veckor efter de andra, men dessa räknades ej med.



Figur 7. Groningsandelen i procent för varje försöksled 31 dagar efter sådd.

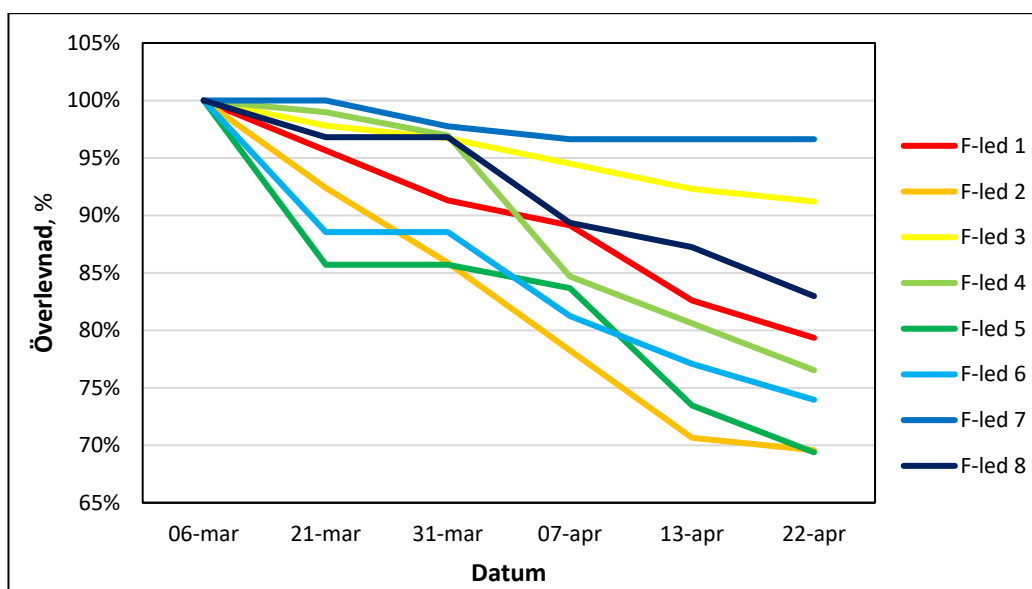
3.2 Mortalitet

Det var betydande skillnader mellan de olika försöksleden vid slutet av försöksperioden gällande dödlighet (Figur 8). Beräkningen av dödlighet baserade sig endast på grodda frön, de som aldrig grodde inkluderades inte. Det försöksled med lägst mortalitet var det som bestod av 100 procent granspån (F-led 7), med en mortalitet på tre procent. Näst lägst var det försöksled som bestod av 1/3 torv och 2/3 träfiber (F-led 3), med en mortalitet på nio procent. Högst mortalitet hade försöksledet som bestod av 2/3 torv och 1/3 träfiber (F-led 2), med en mortalitet på 31 procent. Näst högst var försöksledet som bestod av 2/3 torv och 1/3 granspån. För samtliga försöksled var majoriteten av de döda plantorna lokaliserade i odlingskassetternas kanter eller hörn.



Figur 8. Mortalitet i procent för varje försöksled vid försöksperiodens slut.

Plantavgången skilde sig mellan de olika försöksleden (Figur 9). Tallar odlade i ren granspån (F-led 7), samt 1/3 torv och 2/3 granfiber (F-led 7) hade generellt en låg plantavgång under försöksperioden. Tallarna som odlades i 1/3 torv och 2/3 granspån (F-led 5) samt de odlade i 1/3 torv 2/3 granspån (F-led 6) hade hög plantavgång i början av försöksperioden som sedan stannade upp några dagar för att sedan börja öka igen. Tallarna odlade i en blandning av ½ träfiber och ½ granspån (F-led 8) samt 100 procent träfiber (F-led 4) hade en låg plantavgång i början av försöksperioden som sedan började öka cirka en månad efter grodd.

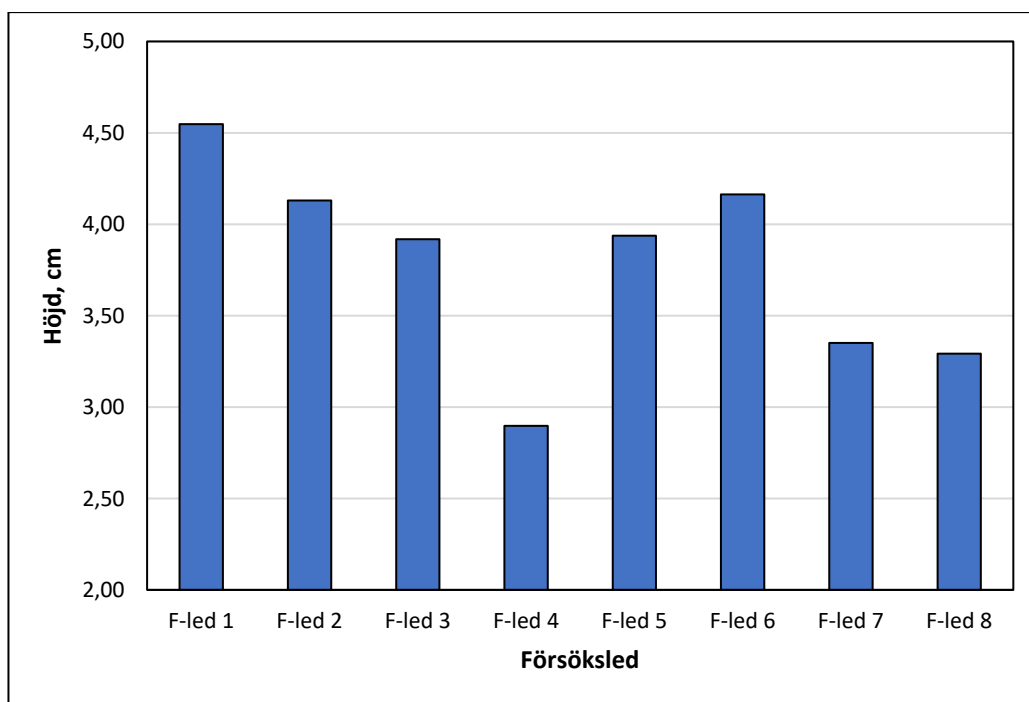


Figur 9. Överlevnad i procent för varje försöksled under försöksperioden.

3.3 Höjdtillväxt

Medelhöjdtillväxten varierade mellan de olika försöksleden (Figur 10). Tallarna som odlats i ren torv (F-led 1) uppvisade högst höjdtillväxt vid försöksperiodens slut, med ett medelvärde på 4,55 cm. Näst högst var plantorna i försöksled 2 (2/3 torv och 1/3 träfiber) och försöksled 6 (2/3 torv och 1/3 granspån), med en medelhöjd på 4,13 cm respektive 4,16 cm. Lägst medelhöjdtillväxt hade tallarna som odlades i 100 procent träfiber (F-led 4), med en medelhöjd på 2,90 cm. Detta följt av tallarna som odlades i ½ träfiber och ½ granspån (F-led 8), med en höjd på 3,29 cm och tallarna odlade i ren granspån (F-led 7), med en höjd på 3,35 cm. De försöksled som hade torv inblandat i odlingssubstraten var de med högst medelhöjdtillväxt, medan de försöksled som saknade någon torvinblandning var de med lägre medelhöjdtillväxt.

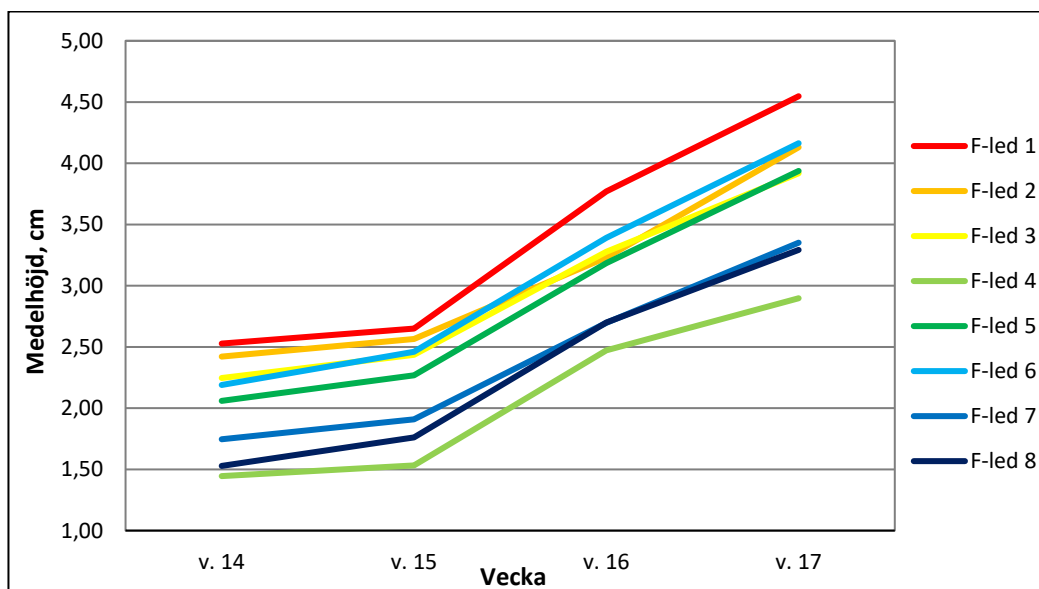
Via hypotesprövningar undersöktes det om det fanns någon statistiskt signifikant skillnad för medelhöjden mellan kontrollgruppen (F-led 1) och de resterande försöksleden. Hypotesprövningarna visade att det inte gick att bevisa att medelhöjden skiljde sig mellan försöksled 1 och försöksled 2, se Bilaga 1. Försöksled nummer 3, 4, 7 och 8 kunde med 99,9 procent säkerhet påstås haft en signifikant skillnad i medelhöjdtillväxt jämfört med kontrollgruppen ($p < 0,001$ ***, se Bilaga 2, 3, 6 och 7. Med 95 procents säkerhet kunde det fastslås att försöksled 6 hade en signifikant skillnad i medelhöjd jämfört med kontrollgruppen ($p < 0,05$)*, se Bilaga 5.



Figur 10. Medelhöjden i centimeter för varje försöksled vid försöksperiodens slut.

De olika försöksleden hade en liknande höjdtutveckling under försöksperioden (Figur 11). Samtliga försöksled hade en långsammare utveckling till vecka 15. Därefter började höjdtillväxten öka i jämn takt för försöksleden till försöksperiodens slut. Försöksled 1 (100 procent torv) hade i alla mätningar högst

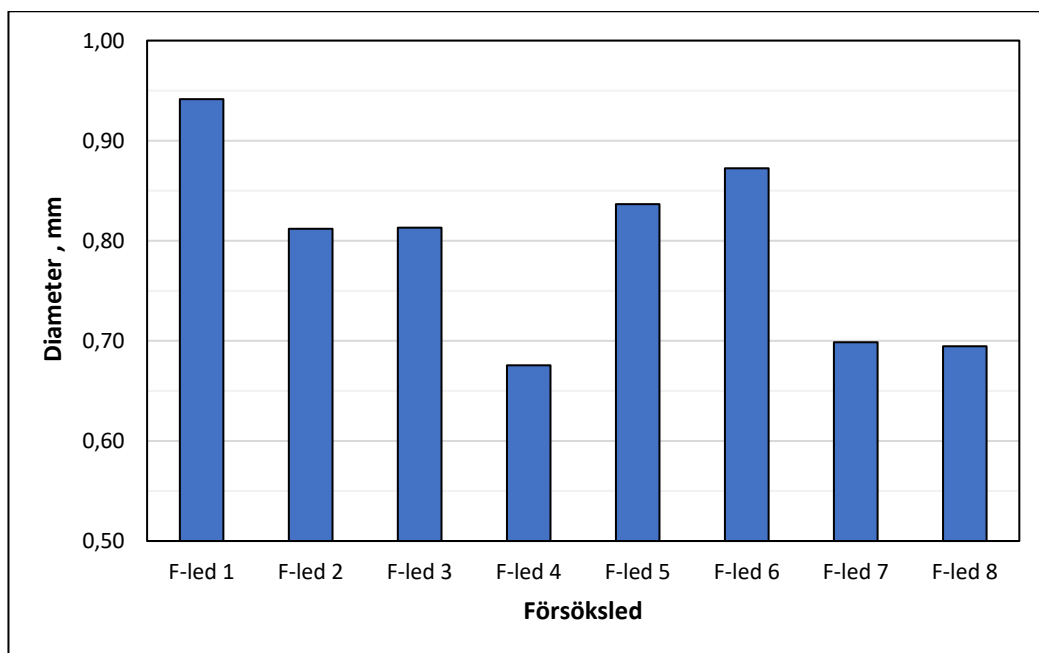
tillväxt, medan försöksled 4 (100 procent granfiber) hade lägst tillväxt. Rankningen mellan de olika försöksleden varierade väldigt lite mellan mättillfällena.



Figur 11. Höjdtvecklingen i centimeter för varje försöksled under försöksperioden.

3.4 Stambasdiameter

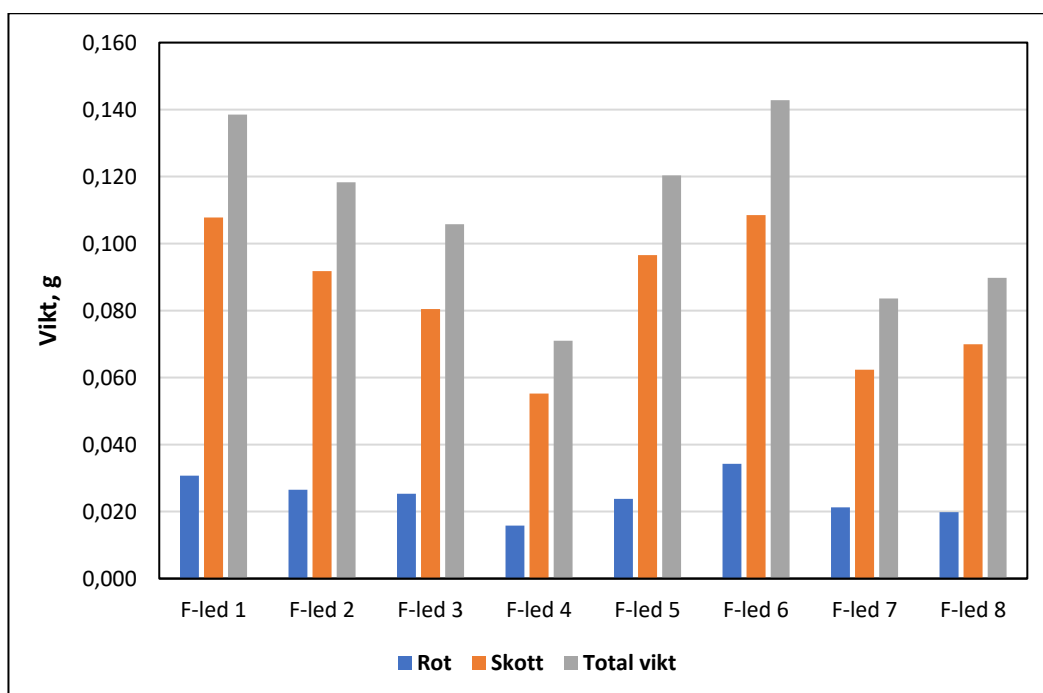
Stambasdiametern för tallarna vid försöksperiodens slut varierade mellan försöksleden (Figur 12). Det försöksled med störst diameter var försöksled 1, 100 procent torv, med ett värde på 0,94 mm. Tallarna med lägst diameter var de som odlats i ren träfiber (F-led 4), med ett värde på 0,68 mm. Dessa följdes av försöksledet med 100 procent granspån (F-led 7), och blandningen mellan träfiber och granspån (F-led 8), med en diameter på 0,70 respektive 0,69 mm. Även här var de försöksled som saknade torvinblandning de som hade haft lägst diameter tillväxt.



Figur 12. Medeldiametern i millimeter för varje försöksled vid försöksperiodens slut.

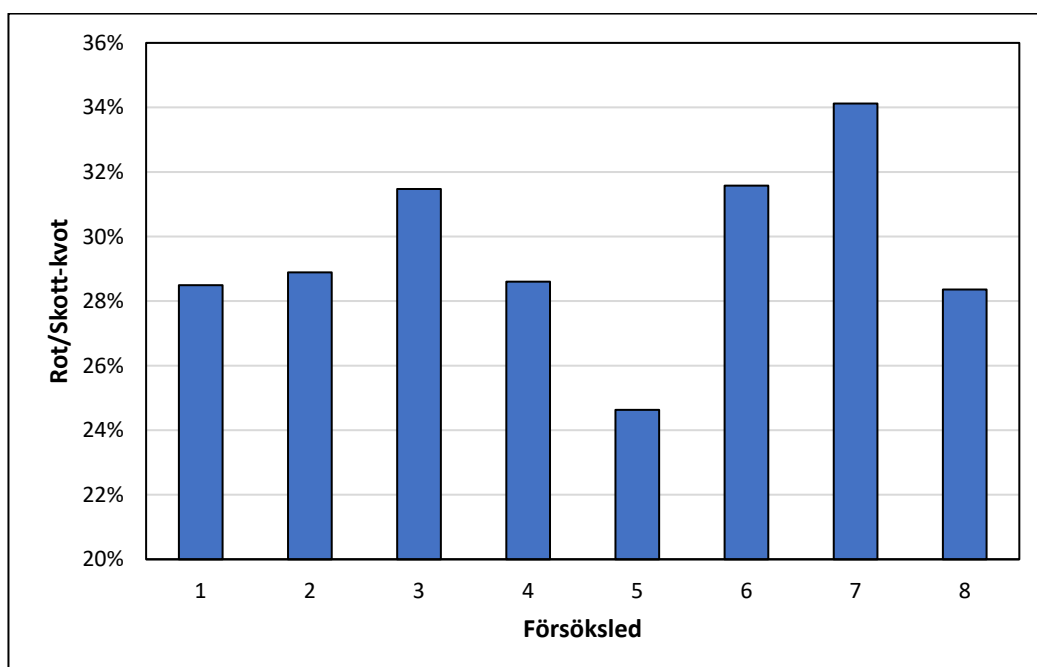
3.5 Rot/skott-kvot

Variationen mellan försöksleden angående skottvikterna var större än variationen mellan rotvikterna (Figur 13). Tallar odlade i 1/3 torv och 2/3 granspån (F-led 6) hade högst medelskottvikt, på 0,1085 g. Lägst vikt hade tallarna som odlats i ren träfiber (F-led 4), med en vikt på 0,0552 g, motsvarande endast cirka hälften av Försöksled 1:s vikter. För rötterna var det tallar odlade i 1/3 torv och 2/3 granspån som vägde mest, med en vikt på 0,0343 g. Även gällande rötterna var det försöksled 4 som hade lägst vikter, med ett medelvärde på 0,0158 g.



Figur 13. Medelvärde för rot, skott och totalvikten i gram för varje försöksled.

Rot/skott-kvot, varierade mellan knappt 25 procent för försöksled 5 (2/3 torv och 1/3 granspån) till drygt 34 procent för tallar som växt i ren granspån (F-led 7). Övriga försöksled hade värden strax under eller strax över 30 procent (Figur 14).



Figur 14. Rot/skot-kvot i procent för de olika försöksleden vid försöksperiodens slut.

4. Diskussion

4.1 Groningsprocent

Andelen grodda frön varierade något mellan försöksleden. Högst andel grodda frön hade försöksled fyra (100 procent granfiber) på 98 procent och lägst var försöksled sju (100 procent granspån) på 89 procent, det enda försöksledet under 90 procent. Försöksled fem (2/3 torv och 1/3 granspån) hade också en groningsandel på 98 procent, men då den informationen baserades på endast två upprepningar ansågs den inte som säker. En del av variationen i groningsprocent skulle eventuellt kunna bero på skillnader i tallfrönas kvalité. Den begränsade variationen som observerades mellan försöksleden kan då bero på slumpen om försöksleden fick frön av bättre eller sämre kvalité. Dock såddes fyra upprepningar av varje substrat och fröpartiet hade i tidigare groningstester visat en mycket hög och jämn grobarhet samt förvarats enligt rekommendation.

4.2 Mortalitet

Mortaliteten varierade en hel del mellan de olika försöksleden. De försöksled med lägst mortalitet, under tio procent, var försöksled tre (1/3 torv och 2/3 granfiber) och försöksled sju (100 procent granspån). Medan de med högsta mortalitet, över 30 procent, var försöksled två (2/3 torv och 1/3 granfiber) och försöksled fem (2/3 torv och 1/3 granspån). Resterande försöksled hade en plantavgång runt 20 procent. I majoriteten av försöksleden skedde plantavgången i kassetternas hörn och kanter.

Det är svårt att säga om skillnaderna i mortalitet mellan försöksleden berodde på odlingssubstratens egenskaper, systematiska kanteffekter eller ren slump. Det fanns inget tydligt mönster gällande skillnaderna i mortalitet mellan substratsblandningarna. Försöksledet med lägst mortalitet bestod av ren granspån, medan de andra försöksleden med granspån inblandat hade väsentligt högre mortalitet. Detsamma kan sägas om försöksledet med näst lägst mortalitet, som utgjordes av blandningen av 1/3 torv och 2/3 granfiber eftersom de andra försöksleden med granfiber inblandat hade högre mortalitet.

Anledningen till denna variation i mortalitet troddes bero på en kombination av kanteffekter och ren slump. Kanteffekten påverkade alla försöksled liknande. De yttersta raderna torkade generellt snabbare. Vid bevattning och gödsling fanns dessutom risken att plantor vid de yttre kanterna inte fick det vatten och näring som krävdes för att bevara vitaliteten, vilket skulle innebära en systematisk kanteffekt. Kassetterna tillhörande försöksled sju kan regelbundet ha hamnat i gynnsamma positioner i början av försöksperioden trots rotationsschemat, vilket delvis kunde förklara deras höga överlevnad. Men detta var svårt att bedöma.

4.3 Höjd och stambasdiameter

Resultaten från höjd- och diametermätningarna visade tydliga skillnader mellan de olika försöksleden. Kontrollgruppen bestående av 100 procent torv (F-led 1) uppvisade både den högsta medelhöjdtillväxten och den största medeldiametern

vid försöksperiodens slut. Detta visade på torvens mycket gynnsamma förhållanden för odling av tallplantor, sannolikt till följd av dess goda balans mellan vattenhållande förmåga, luftporositet och näringstillgänglighet (Heiskanen et al. 2024).

Resultaten för diametertillväxten följde i stor utsträckning samma mönster som höjdtillväxten. Försöksled med torvinblandning uppvisade generellt större diametrar än de torvfria försöksleden, medan de lägsta diametervärdena återfanns i F-led 4 (100 procent granfiber), F-led 7 (100 procent granspån) och F-led 8 (50 procent granfiber och 50 procent granspån). Detta indikerade att de faktorer som påverkat höjdtillväxten sannolikt även påverkat plantornas diametertillväxt.

Försöksleden med torv och inblandning av alternativa substrat uppvisade relativt hög höjd- och diametertillväxt och låg nära kontrollgruppen. Detta visade att både granfiber och gransågspån fungerade relativt väl i mindre eller måttlig blandning tillsammans med torv. Torven kan i dessa blandningar ha bidragit med en stabil vatten- och näringshållande förmåga samtidigt som träfiber- och spånmaterialen kanske bidragit till ökad porositet i substratet. Bland dessa utmärkte sig F-led 6 (2/3 gransågspån och 1/3 torv), vilket uppvisade höjd- och diametertillväxt som låg nära kontrollgruppen. Det verkade i dessa fall som att en mindre mängd torv varit tillräckligt för att stabilisera vatten- och näringsförhållandena i substratet samtidigt som kanske gransågspånet bidrog med god porositet och luftning i rotzonen. Försöksled F-led 3 (2/3 granfiber och 1/3 torv) uppvisade däremot lägre höjdtillväxt än F-led 2 (1/3 granfiber 2/3 torv) trots lägre andel granfiber.

Detta indikerade att en högre andel granfiber påverkat odlingsförhållandena negativt i detta försök. Under försöket bevattnades samtliga försöksled dagligen för att hålla substraten kontinuerligt fuktiga, vilket kan ha resulterat i periodvis hög vattenmättnad i substrat med hög andel granfiber. Detta kan möjligen hämmat rotutvecklingen och därmed påverkat höjdtillväxten negativt.

Lägst höjd- och diametertillväxt observerades i F-led 4 (100 procent granfiber). Detta stärkte hypotesen att granfiber i ren form inte gav optimala odlingsförhållanden under de bevattnings- och gödslingsstrategier som användes i försöket. Woznicki et al. (2023) beskrev att träfiberbaserade substrat krävde anpassade bevattningsstrategier eftersom deras fysikaliska egenskaper skiljde sig från torv och påverkade vattenfördelning och syretillgång i rotzonen.

Försöksleden med gransågspån uppvisade ett något annorlunda mönster. F-led 6 (2/3 gransågspån och 1/3 torv) uppvisade tydligt högre höjd- och diametertillväxt jämfört med F-led 5 (2/3 torv och 1/3 gransågspån), medan F-led 7 (100 procent gransågspån) hade betydligt lägre tillväxt. Detta indikerade att en mindre inblandning av torv förbättrat substratets förmåga att hålla vatten och näring på en nivå som gynnat planttillväxten, samtidigt som den höga andelen gransågspån eventuellt bidragit till god luftning i substratet. Mattsson (1996) visade att tallplantor odlade i granspån kunde uppnå likartad utveckling som torvodlade plantor om kvävetillförseln ökades, men att spånsubstrat generellt hade lägre buffringsförmåga än torv. Detta skulle kunna innebära att en större mängd

näringsstillförsel hade behövts för att uppnå likartade resultat som i de torvinnehållande försöksleden.

Ännu en möjlig förklaring till den lägre höjd- och diametertillväxten i de torvfria försöksleden skulle kunna kopplas till de träbaserade materialens höga C/N-kvot. Detta kan resultera i kväveimmobilisering och därmed minska mängden växttillgängligt kväve för plantorna, vilket kan ha begränsat tillväxten i försöksled med hög andel träfiber och gransågspån (Heiskanen et al. 2024; Woznicki et al. 2023).

4.4 Rot/skott-kvot

Rotvikten hos försöksleden varierade. Högst vikt hade tallarna som odlats i 1/3 torv och 2/3 granspån (F-led 6), samt de som odlats i ren torv (F-led 1). Lägst vikt hade tallarna odlade i ren granfiber (F-led 4) samt i ½ granfiber och ½ granspån (F-led 8). Anledningen till detta var eventuellt att granfibermaterialet blivit mer hårt och stelt vid torrare förhållanden. Då materialet låg packat i odlingskassetterna skapades troligen en svårgenomtränglig miljö som negativt påverkade tallarnas rotutveckling.

För rot/skott kvoten hade samtliga försöksled värden nära 30 procent (Figur 14). Den största avvikelser återfanns för försöksled 5 (2/3 torv och 1/3 granspån) med en kvot på 25 procent, samt försöksled 7 (100 procent granspån) med en kvot på 34 procent. En tidigare studie (Bodell & Vestlund 2023) visade att rot/skott-kvoten för tall odlad i torv och granspån vid liknande tidpunkt efter sådd var nära 30 procent. Berglund och Bernzen (2023) rapporterade också liknande nivåer för tallplanter i samma storlek med värden motsvarande cirka 35 procent vid halv rekommenderad gödselgiva men endast strax över 20 procent om plantorna fått den konventionella gödselgivan. Våra resultat överensstämmer således bra med tidigare studier av unga tallplanter odlade i spåns substrat. I en studie av tallplanter i samma utvecklingsfas av (Holopainen et al. 1995) var rot/skott-kvoten högre vid lägre tillgång på näring och i vår studie skulle detta mönster eventuellt kunna kopplas till att sågspånen hade en lägre förmåga att tillgodose plantorna näringsbehov jämfört med konventionell torv. Ett samband har också rapporterats mellan låg rot-skottkvot och högt kväveinnehåll i plantvävnaden (Troeng 1986). Rot/skottkvoten avvek generellt mindre från torvodlade planter för träfibersubstraten jämfört med spåns substraten (Figur 14). Den högre kol-kväveknoten i de helt eller delvis träbaserade substraten kan ha bidragit till att förstärka dessa effekter eftersom alla substrat fick samma mängd gödsel.

4.5 Felkällor

I försöksled 5 blev enbart två odlingskassetter sådda i stället för de planerade fyra. För att få statistiskt användbart material så utfördes vissa mätningar i dessa kassetter på rader i kanterna. Som tidigare nämnt skiljde sig kantraderna från de inre. Detta kan ha påverkat mätningarna i försöksledet.

4.6 Slutsats

Resultaten visade att torv fortfarande gav bäst tillväxt hos tallplantorna, både vad gällde höjd och diameter. Kontrollgruppen med 100 procent torv hade högst tillväxt, vilket tyder på att torv fortsatt erbjuder mycket gynnsamma odlingsförhållanden.

Samtidigt visade flera av blandningarna med torv och träbaserade substrat relativt goda resultat. Detta tyder på att torvanvändningen för odling av tallplantor kan minska genom inblandning av granfiber anpassad för odling och konventionell gransågspån, utan att plantutvecklingen nödvändigtvis försämras kraftigt.

De torvfria försöksleden hade däremot generellt lägre höjd- och diametertillväxt, särskilt försöksledet med 100 procent granfiber. Detta visar att granfiber och gransågspån i ren form inte fungerade som fullgoda ersättare till torv under de odlingsförhållanden som användes i försöket.

Sammanfattningsvis visar studien att träbaserade substrat har potential att delvis ersätta torv vid odling av tallplantor, men att fortsatt forskning krävs speciellt när det gäller substratblandning, bevattning och gödsling innan de kan ersätta torv helt.

Referenser

- Alexandrov, G.A., Brovkin, V.A., Kleinen, T. & Yu, Z. (2020). The capacity of northern peatlands for long-term carbon sequestration. *Biogeosciences*, 17(1), pp. 47–64. <https://doi.org/10.5194/bg-17-47-2020>
- Berglind, A. & Bernzen, N. (2023). *Odlingsförsök med Pinus sylvestris i gransågspån blandat med hydrokol respektive pyrokol*. Sveriges lantbruksuniversitet. <https://stud.epsilon.slu.se/19487/1/berglind-a-bernzen-n-20230913.pdf>
- Bodell, R. & Vestlund, E. (2023). *Gransågspån som odlingssubstrat för tall-, gran- och björkplantor*. Sveriges lantbruksuniversitet. <https://stud.epsilon.slu.se/19490/>
- Fibergrow (u.å.). Om oss. Tillgänglig: <https://www.fibergrow.no/om-oss> [2026-05-22].
- Gustavsson Ruus, A., Gräns, D., Menkis, A., Hjelm, K. & Olson, Å. (2025). Growth and quality of *Pinus sylvestris* seedlings in sawdust-based, peat-free growing media. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 40(2), 123–134. <https://doi.org/10.1080/02827581.2025.2597780>
- Heiskanen, J., Ruhanen, H., Himanen, K., Kivimäenpää, M. & Silvan, N. (2024). Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media. *New Forests*, 55, 1499–1517. <https://doi.org/10.1007/s11056-024-10048-8>
- Hirschler, O. & Osterburg, B. (2022). Peat extraction, trade and use in Europe: a material flow analysis. *Mires and Peat*, 28, Article 24, pp. 1–27. <https://doi.org/10.19189/MaP.2021.SNPG.StA.2315>
- Holopainen, J.K., Rikala, R., Kainulainen, P. and Oksanen, J. (1995), Resource partitioning to growth, storage and defence in nitrogen-fertilized Scots pine and susceptibility of the seedlings to the tarnished plant bug *Lygus rugulipennis*. *New Phytologist*, 131: 521-532. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb03088.x>
- Johansson, K. (2008). *Odlingssubstrat*. Plantskolan – särtryck ur PLANTaktuellt, lektion 5. Skogforsk. https://www.skogforsk.se/cd_20190114162157/contentassets/00244879a6ec42299b2f7dce96d79f2f/plantskolan-lektion5.pdf [2026-05-19].

- Mariotti, B., Oliet, J., Andivia, E., Tsakalidimi, M., Villar-Salvador, P., Ivetic, V., Montagnoli, A., Kerkez Janković, I., Bilir, N., Böhlenius, H., Cvjetkovic, B., Dūmiņš, K., Heiskanen, J., Hinkov, G., Fløistad, I.S. & Cocozza, C. (2023). A Global Review on Innovative, Sustainable, and Effective Materials Composing Growing Media for Forest Seedling Production. *Current Forestry Reports*. 9. 3.
<https://doi.org/10.1007/s40725-023-00204-2>
- Mattsson, A. (1996). *Spån från sågverksindustrin – ett framtida odlingssubstrat vid produktion av skogsplanter?* Plantnytt, 1996(2), Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Garpenberg.
- Naturvårdsverket (2026). *Våtmarker och klimat*. Tillgänglig:
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/vatmark/vatmarker-och-klimat/> [2026-05-19].
- Stenhag, S. (2024). *Åt skogen med statistik*. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan.
- Troeng, E.(1986). *Gödsling i plantskolan och tillväxt i fält*. Plantnytt. Skogforsk.
<https://www.skogforsk.se/contentassets/ac105f6ba12f42ff9013a154b7b517fb/plantnytt-1986-6.pdf>
- Woznicki, T., Jackson, B. E., Sønsteby, A. & Kusnierek, K. (2023). Wood fiber from Norway spruce—A stand-alone growing medium for hydroponic strawberry production. *Horticulturae*, 9(7), 815.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae9070815>

Bilaga 1

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 2

μ_1 = Medelhöjdtillväxt i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_2 = Medelhöjdtillväxt i centimeter för försöksled 2 bestående av tall planterad i en blandning av 2/3 torv och 1/3 granfiber.

$H_0: \mu_1 = \mu_2 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_2 = 0$ Försöksled ett och två har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ Försöksled ett och två har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 2: $\bar{x} = 4,13$ $s = 1,1371$ $n = 36$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{(4,55 - 4,13) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{1,1371^2}{36}}} \approx 1,79$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Accepteras

Vi kan inte påvisa någon statistiskt säkerställd skillnad att medelhöjdtillväxten skiljer sig mellan försöksled ett och försöksled två ($p < 0,001$)***.

Bilaga 2

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 3

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_3 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 3 bestående av tall planterad i en blandning av 1/3 torv och 2/3 granfiber.

$H_0: \mu_1 = \mu_3 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_3 = 0$ Försöksled ett och tre har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_3 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_3 \neq 0$ Försöksled ett och tre har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 3: $\bar{x} = 3,92$ $s = 0,8114$ $n = 39$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_3) - (\mu_1 - \mu_3)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_3^2}{n_3}}} = \frac{(4,55 - 3,92) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,8114^2}{39}}} \approx 3,35$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Förkastas

0,1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 3,29$. H_0 Förkastas

Vi kan med 99,9 procent säkerhet påvisa att det finns en signifikant statistisk skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled tre ($p < 0,001$ ***).

Bilaga 3

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 4

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_4 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 4 bestående av tall planterad i 100 procent granfiber

$H_0: \mu_1 = \mu_4 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_4 = 0$ Försöksled ett och fyra har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_4 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_4 \neq 0$ Försöksled ett och fyra har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 4: $\bar{x} = 2,90$ $s = 0,7033$ $n = 40$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_4) - (\mu_1 - \mu_4)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_4^2}{n_4}}} = \frac{(4,55 - 2,90) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,7033^2}{40}}} \approx 9,41$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Förkastas

0,1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 3,29$. H_0 Förkastas

Vi kan med 99,9 procent säkerhet påvisa att det finns en signifikant statistisk skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled fyra ($p < 0,001$ ***).

Bilaga 4

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 5

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_5 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 5 bestående av tall planterad i en blandning av 2/3 torv och 1/3 granspån.

$H_0: \mu_1 = \mu_5 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_5 = 0$ Försöksled ett och fem har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_5 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_5 \neq 0$ Försöksled ett och fem har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 5: $\bar{x} = 3,94$ $s = 0,9731$ $n = 32$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_5) - (\mu_1 - \mu_5)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_5^2}{n_5}}} = \frac{(4,55 - 3,94) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,9731^2}{32}}} \approx 2,78$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Förkastas

0,1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 3,29$. H_0 Accepteras

Vi kan med 99 procent säkerhet påvisa att det finns en signifikant statistisk skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled fem ($p < 0,01$)**.

Bilaga 5

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 6

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_6 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 6 bestående av tall planterad i en blandning av 1/3 torv och 2/3 granspån.

$H_0: \mu_1 = \mu_6 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_6 = 0$ Försöksled ett och sex har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_6 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_6 \neq 0$ Försöksled ett och sex har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 6: $\bar{x} = 4,16$ $s = 0,7849$ $n = 33$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_6) - (\mu_1 - \mu_6)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_6^2}{n_6}}} = \frac{(4,55 - 4,16) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,7849^2}{33}}} \approx 1,99$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Acceperas

Vi kan med 95 procent säkerhet säkerställa att det finns en signifikant statistisk skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled fem ($p < 0,05$)*.

Bilaga 6

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 7

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_7 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 7 bestående av tall planterad i 100 procent granspån.

$H_0: \mu_1 = \mu_7 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_7 = 0$ Försöksled ett och sju har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_7 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_7 \neq 0$ Försöksled ett och sju har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 7: $\bar{x} = 3,35$ $s = 0,7355$ $n = 37$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_5) - (\mu_1 - \mu_5)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_5^2}{n_5}}} = \frac{(4,55 - 3,35) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,7355^2}{37}}} \approx 6,58$$

5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Förkastas

0,1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 3,29$. H_0 Förkastas

Vi kan med 99,9 procent säkerhet påvisa att det finns en signifikant statistisk skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled sju ($p < 0,001$)***.

Bilaga 7

Hypotesprövning av höjdtillväxt för försöksled 1 och 8

μ_1 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 1 bestående av tall planterad i 100 procent torv

μ_8 = Medelhöjdtillväxten i centimeter för försöksled 8 bestående av tall planterad i en blandning av 1/2 granfiber och 1/2 granspån.

$H_0: \mu_1 = \mu_8 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_8 = 0$ Försöksled ett och åtta har samma medelhöjdtillväxt

$H_1: \mu_1 \neq \mu_8 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_8 \neq 0$ Försöksled ett och åtta har olika medelhöjdtillväxt

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1: $\bar{x} = 4,55$ $s = 0,8581$ $n = 40$

Försöksled 8: $\bar{x} = 3,29$ $s = 0,7899$ $n = 39$

Formel 6.2.3 används då de båda samplens storlek är mer än 30.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_8) - (\mu_1 - \mu_8)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_8^2}{n_8}}} = \frac{(4,55 - 3,29) - (0)}{\sqrt{\frac{0,8581^2}{40} + \frac{0,7899^2}{39}}} \approx 6,77$$

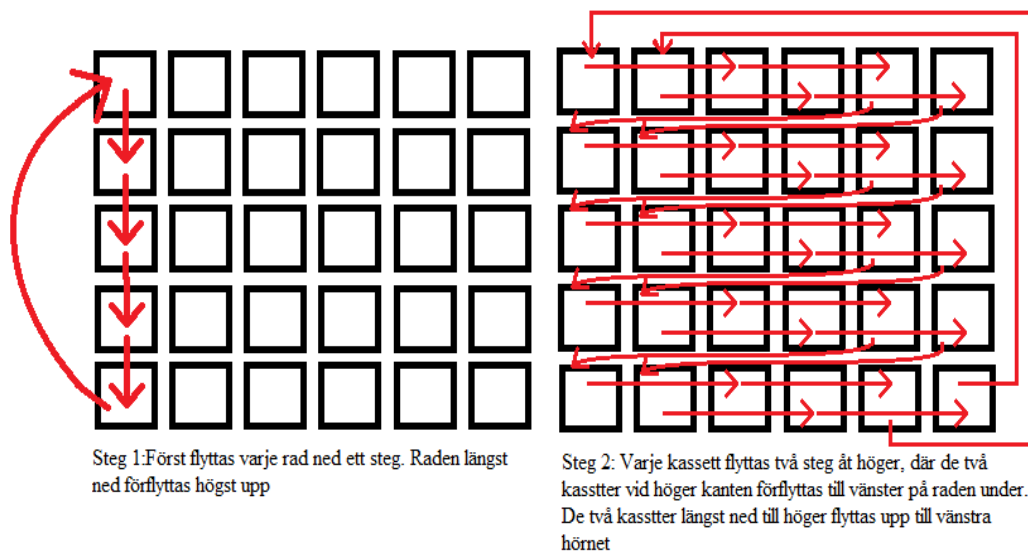
5 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 1,96$. H_0 Förkastas

1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 2,58$. H_0 Förkastas

0,1 % nivå dubbelsidigt test $\rightarrow Z = 3,29$. H_0 Förkastas

Vi kan med 99,9 procent säkerhet påvisa att det finns en statistiskt signifikant skillnad i medelhöjdtillväxten mellan försöksled ett och försöksled åtta ($p < 0,001$)***.

Rotationsmönster



Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.